

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 05-196488

(43)Date of publication of application : 06.08.1993

(51)Int.Cl.

G01F 1/84

(21)Application number : 04-030228

(71)Applicant : OVAL CORP

(22)Date of filing : 20.01.1992

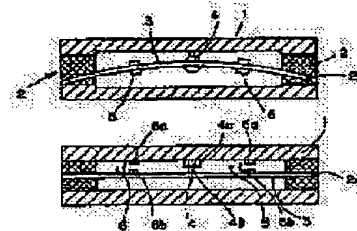
(72)Inventor : SAITO MASAYUKI

## (54) CORIOLIS FLOWMETER

## (57)Abstract:

PURPOSE: To enhance sensitivity while reducing the effect of accuracy due to the measuring conditions such as temp., pressure of a fluid to be measured.

CONSTITUTION: Support members 2 are fixed to both end surfaces of a cylindrical housing 1 and a straight pipe is bent by stress within an elastic limit to be fixed to the support members 2 at both ends thereof to form a vibration pipe 3. An exciter 4 vibrating the vibration pipe 3 in the direction vertical to the surface of the pipe 3 is provided to the center of a sensor tube 3 and the Coriolis force due to the fluid to be measured flowing through the vibration pipe is detected as the phase difference signal of the sensors 5, 6 provided between the exciter 4 and a support stand 2.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 15.05.1997

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number] 2826011

[Date of registration] 11.09.1998

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2000, Japan Patent Office

(51)Int.Cl.<sup>5</sup>

G 0 1 F 1/84

識別記号

庁内整理番号

7187-2F

F I

技術表示箇所

審査請求 未請求 請求項の数7(全 7 頁)

(21)出願番号 特願平4-30228

(22)出願日 平成4年(1992)1月20日

(71)出願人 000103574

オーバル機器工業株式会社

東京都新宿区上落合3丁目10番8号

(72)発明者 斉藤 正之

東京都新宿区上落合3丁目10番8号 オー

バル機器工業株式会社内

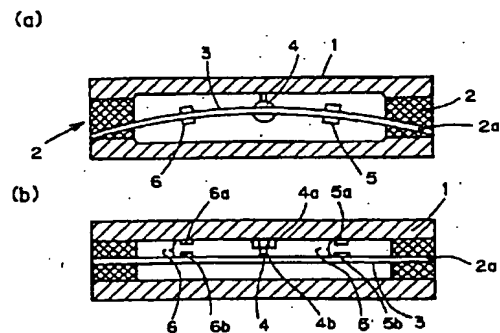
(74)代理人 弁理士 高野 明近 (外1名)

(54)【発明の名称】 コリオリ流量計

## (57)【要約】

【目的】 測定流体の温度・圧力等の測定条件による精度影響を小さくし、感度を向上させる。

【構成】 円筒状の筐体1の両端面に支持部材2を固着し、該支持部材2に弾性限界内の応力で直管を曲げて支持部材2に両端を固着して振動管3を形成する。該センサーチューブ3の中央に振動管3の面に対して垂直な方向に加振する励振器4を設け、振動管3に流通する測定流体によるコリオリの力を励振器4と支持台2との間に設けられたセンサ5と6の位相差信号として検知する。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 端面を有する筒状体と、測定流体を流通する直管を弾性限界内で湾曲し前記筒状体内で両端面で支持された振動管と、該振動管の中央部で長手方向と垂直な方向に振動させる駆動手段と、該駆動手段と両端部との間に設けられた振動管のコリオリの力による位相差を検知するセンサとで構成したことを特徴とするコリオリ流量計。

【請求項2】 端面を有する筒状体内の両端面で長さが等しく同じ曲率半径で曲率半径を同一方向にして湾曲した2本の振動管を平行に配設支持し、各々の振動管を中央部で近接離間するように駆動する駆動手段と各々の振動管の該駆動手段と支持部との間に配設され、コリオリの力による位相差を検知するセンサとで構成したことを特徴とするコリオリ流量計。

【請求項3】 2本の振動管を曲率中心が振動管の長手方向に垂直な対称面上になるように平行に配設したことを特徴とする請求項2記載のコリオリ流量計。

【請求項4】 2本の振動管の駆動手段と支持位置の間における対称位置に各々対をなして配設された光ファイバーの支持台と、該支持台の同一線上に対向して配設され投光、受光の光ケーブルと、投光用ケーブルに送光するレーザ光線と、レーザ光と一方の受光用ケーブルからのレーザ光との干渉縞から振動管の駆動周波数と振幅を検知する振動検出手段と、双方の受光用光ケーブルの干渉縞の数からコリオリの力を検知する質量流量検出手段とから構成したことを特徴とする請求項2記載のコリオリ流量計。

【請求項5】 前記受光用ケーブルの支持台に光反射体を配設し、該光反射体で反射されたレーザ光を投光用ケーブルを介して受光することを特徴とした請求項4記載のコリオリ流量計。

【請求項6】 投光用光ケーブルの支持台の設けられた凸面鏡と、受光用光ケーブルの支持台に設けられた凹面鏡とを有し、投光用光ケーブルからのレーザ光を凸面鏡と凹面鏡とを介して受光用光ケーブルに伝送することを特徴とする請求項2記載のコリオリ流量計。

【請求項7】 投光用光ケーブルの支持台の近傍で受光用光ケーブル側軸上に凹レンズを設けたことを特徴とする請求項2記載のコリオリ流量計。

## 【発明の詳細な説明】

【0001】

【技術分野】 本発明はコリオリの原理に基づいた質量流量計に関し、より詳細には、流体を流通してコリオリの力を発生させる振動管を僅かに湾曲させた直管方式のコリオリ流量計に関する。

【0002】

【従来技術】 被測流体の流通する流管の一端又は両端を支持し、該支持点回りに流管を該流管の流れ方向と垂直な方向に振動したとき、該流管（振動管）に作用するコ

リオリの力が質量流量に比例することを利用した質量流量計（コリオリ流量計）は周知である。これらのコリオリ流量計における振動管は要部をなすもので、流量計の特性を決定づけるものである。振動管としての形状は湾曲管と直管とに大別される。湾曲管方式のものはコリオリの力を有効に取り出すための形状を選択できる点で高感度の質量流量検出ができるが、形状が大きくなるという短所がある。これに対して、直管方式のものは振動管は流れ方向に配設されるので、形状は小さくなるが感度が低く、SN比が低下するので外乱に対してより配慮しなければならない短所がある。

【0003】 本発明に関連した公知文献として、特開昭62-238419号公報における「流れを連続的に測定するための装置および方法」がある。これは、平行に配設された直管を振動管としたコリオリ流量計に関するものであり、以下に説明する。

【0004】 図9は、従来の直管式のコリオリ流量計を説明するための図で、図中、50、55は支持部材、51、56はフランジ、52、57は流入出口、53、54、58、59は分岐管、60a、60bは振動管、61は励振器、62、63は検出器、64は変換器である。

【0005】 図9において、支持部材50と55とは左右対称形で、各々流入口52、流出口57に連通した分岐管53と54および58と59とを有し、分岐管53と58および54と59との間には同寸の直管である振動管60aと60bとが互いに平行して連通し固着支持されている。該振動管60aと60bとの中央部にはコイル61aとコア61bとからなる励振器61が設けられ、コイル61aは振動管60a側に、コア61bは振動管60b側に、各々コア61bがコイル61aの中央に挿入されるように配設され、更に、振動管60aと60bにおける励振器61と支持部材50と55との支持点の間には、磁石63aとコイル63bとからなる検出器63と、磁石62aとコイル62bとからなる検出器62とが配設されている。これら検出器62と63および励振器61は変換器64に接続されている。

【0006】 図9に示したコリオリ流量計は、まず、変換器64により励振器61のコイル61が駆動され、検出器62又は63の何れかの検出コイルに出力する検出電圧を変換器64にポジティブフィードバックする閉路を形成してコイル61aがコア61bを吸引反撥するように一定振幅に制御され、振動管60aと60bとは反射位相で加振される。加振により流体が流通する振動管60aと60bとは、支持点に対して互いに反対の回転方向の駆動を受けるので、検出器63と62とには励振による振動検出信号と前記回転角速度と質量流量のベクトル積に比例したコリオリの力が重畳され、コリオリの力は反対位相であるから、検出器62と63との間にはコリオリの力に比例する位相差信号が検出され、変換

器64により質量流量に変換出力される。

【0007】上述の従来のコリオリ流量計は振動管60aと60bとが直管であり、各々は支持部材50と55とにより平行に支持されている。更に、支持部材50と55とはフランジ51と56とにより流管に接続される。従って振動管60aおよび60bには軸方向に張力又は圧縮力が作用している。一方、振動管60a、60bには測定流体が等流量に分流しており、質量流量を検知するために中央部で励振器61により加振される。この結果、支持部材50と55とには加振周波数の2倍の周波数の引張応力が作用する。しかし、測定流体は、目的に応じて温度や圧力条件が異なるので振動管60a、60bには軸方向、管壁面方向に応力が作用している。これらの力は、振動管60a、60bの固有振動数を変化させる要因となる。質量流量は駆動周波数に比例する量であるから振動管の固有振動数の変化は誤差要因となる。また、両端支持された直管の曲げ剛性が大きいのでコリオリの力による直管の変形も小さく従って感度が低いという問題があった。

【0008】

【目的】本発明は、上述のごとき実情に鑑みてなされたもので、測定流体の条件により、測定精度に影響を受けることなく、高感度で質量流量を計測できるコリオリ流量計を提供することを目的としてなされたものである。

【0009】

【構成】本発明は、上記目的を達成するために、(1)端面を有する筒状体と、測定流体を流通する直管を弾性限界内で湾曲し前記筒状体内で両端面部で支持された振動管と、該振動管の中央部で長手方向と垂直な方向に振動させる駆動手段と、該駆動手段と両端部との間に設けられた振動管のコリオリの力による位相差を検知するセンサとで構成したこと、或いは、(2)端面を有する筒状体内の両端面で長さが等しく同じ曲率半径で曲率半径を同一方向にして湾曲した2本の振動管を平行に配設支持し、各々の振動管を中央部で近接離間するように駆動する駆動手段と各々の振動管の該駆動手段と支持部との間に配設され、コリオリの力による位相差を検知するセンサとで構成したこと、更には、(3)前記(2)において、2本の振動管を曲率中心が振動管の長手方向に垂直な対称面上になるように平行に配設したこと、更には、(4)前記(2)において、2本の振動管の駆動手段と支持位置の間における対称位置に各々対をなして配設された光ファイバーの支持台と、該支持台の同一線上に対向して配設され投光、受光の光ケーブルと、投光用ケーブルに送光するレーザ光線と、レーザ光と一方の受光用ケーブルからのレーザ光との干渉縞の数から振動管の駆動周波数と振幅を検知する振動検出手段と、双方の受光用光ケーブルの干渉縞からコリオリの力を検知する質量流量検出手段とから構成したこと、更には、(5)前記(4)において、前記受光用ケーブルの支持台に光

反射体を配設し、該光反射体で反射されたレーザ光を投光用ケーブルを介して受光すること、更には、(6)前記(2)において、投光用光ケーブルの支持台の設けられた凸面鏡と、受光用光ケーブルの支持台に設けられた凹面鏡とを有し、投光用光ケーブルからのレーザ光を凸面鏡と凹面鏡とを介して受光用光ケーブルに伝送すること、更には、(7)前記(2)において、投光用光ケーブルの支持台の近傍で受光用光ケーブル側軸上に凹レンズを設けたことを特徴としてなされたものである。以下、本発明の実施例に基づいて説明する。

【0010】図1は、本発明のコリオリ流量計における基本構造を説明するための図で、図1(a)は断面図、図1(b)は平面図であり、図中、1は筐体、2は支持部材、3は振動管、4は励振器、5、6は検出器である。

【0011】図示において、筐体1は、例えば、円筒体で、該筐体1の両端部には支持部材2、2が固着される。支持部材2、2には僅かに湾曲した振動管3の両端部が貫通固着される。このため、支持部材2、2には、振動管3の両端部の傾斜と等しい角度をもって貫通する透孔2aが設けられている。振動管3は直管の両端部を支持部材2の透孔2a内に挿入し、更に支持部材2、2間で軸と垂直方向に直管の弾性限内の応力で曲げた状態で筐体1に固着したものである。振動管3の長手方向の中央部には励振器4が装着され、該励振器4と両支持部材2との間には検出器5、6が設けられている。

【0012】励振器4は、例えば、コイル4aとコア4bとからなり、コア4bをコイル4a内に挿入しコイルを発振器(図示せず)に接続して定振幅の正弦波信号で駆動する。該正弦波信号は両端固定した振動管3内に流体が流入した状態での固有振動数を選ぶことにより効率よく励振できる。検出器5と6とは同一原理構造のもので、例えば、コイル5aと磁石5bとを対向して配設し、振動管3に固定された磁石5bの振動に伴ってコイル5aに生ずる正弦波信号を検出する。

【0013】コリオリ流量計は振動管3を励振器4により単振駆動することにより振動管3の検出器5、6間に測定流体の質量流量と励振周波数とのベクトル積に比例した反対向きの等しいコリオリの力が発生する。該コリオリの力は検出器5と6との位相差信号として検出される。このとき、振動管3は予め湾曲されているので、振動管3が温度、圧力変化により軸方向の内部応力を受けたとしても湾曲方向に変形するだけであるから、固有振動数の変化は少く温度、圧力の影響を小さくすることができる。

【0014】図2(a)、(b)、(c)は、本発明のコリオリ流量計における他の実施例を説明するための図で、図2(a)は原理説明のための側断面図、図2(b)は矢視A-A線断面図、図2(c)は矢視B-B線断面図であり、図中、7、8は振動管(湾曲管)、

10

20

30

40

50

9, 10は光ケーブル支持台、11はレーザー光源、12, 13, 14は半透明鏡（以後、ハーフミラーと呼ぶ）、15は遮蔽板（以後、シールド板と呼ぶ）、16はレンズ、17, 18は光検出器、19, 20, 21, 22は光ケーブル、23は光コネクタであり、図1と同じ作用をする部分には図1と同一の番号を付している。

【0015】図2(a)に示すごとく、コリオリ流量計は、同じ寸法で等しい曲率半径で湾曲された湾曲管7, 8を筐体1内に支持部材2, 2を介して湾曲面が平行で各々の曲率中心が同一方向で湾曲面に垂直な軸上にあるように配設したもので、測定流体は矢印Q方向に均等に流入する。励振器4のコイル4aとコア4bとは湾曲管7と8とに固着されて矢印F方向に互いに近接・反撥するように駆動される。各々の光ケーブル支持台9, 10は各々光ケーブル支持台9aと9bを対とし、光ケーブル支持台10aと10bとを他の対とし、光ケーブル19, 21および20, 22を光送受可能に対向して湾曲管7と8とに固着されている。光ケーブル19~22は単一モード光ファイバであり、筐体1の透孔1aを貫通して筐体外の光コネクタ23に接続されている。

【0016】レーザー光源11は、He-Ne（ヘリウム・ネオン）レーザー等の単一周波数のコヒーレント光を放射し、ハーフミラー12で反射したコヒーレント光は同時に光ケーブル19, 20に分離されて送光される。光ケーブル19側のレーザー光は光ケーブル支持台9aと9bとの間を空間伝播して光ケーブル21に伝送されハーフミラー14を透光したレーザー光はレンズ16に入射する。このときハーフミラー14で反射されたレーザー光はシールド板15で遮光される。

【0017】また、光ファイバ20側のレーザー光は光ケーブル支持台10aと10bとの間を空間伝播して光ファイバ22に伝送されハーフミラー14を透光したレーザー光はレンズ16に入射する。そして光ケーブル21からのレーザー光と光干渉して検出位置における位相変位差に比例した単位時間当りの数の干渉縞の明暗を光検出器18で電気変換して湾曲管7と8とのコリオリの力に応じた電気信号が得られる。光ケーブル22からのレーザー光でハーフミラー14に反射された反射レーザー光は、再びハーフミラー13で反射され、該反射レーザー光は、ハーフミラー12, 13を透過したレーザー光と光干渉して干渉縞を形成し湾曲管7, 8の振幅と固有振動数とが光検出器17により検知される。

【0018】上述の振動管7, 8の振幅と固有振動数の光検出方式を図に基づいて説明する。図3(a),

(b)は振動管の振幅と固有振動数を検出する原理説明図である。図(a)に示すごとく光ファイバ支持台10aと10bとの位置における振動管7と8の振動は斜線A, Bと点線[A][B]で示すように各々振幅a, bをもって吸引、反撥が繰返される。この振動に従って、光ケーブル支持台10aと10bとの間のレーザー

光の空間伝播距離が変化する。空間距離の変化速度は、励振に従って図(b)のSに示したように正弦波状に変化する。この変化速度は、単位時間当りの変位量であるから、レーザー光源11からのレーザー光と干渉して速度に比例した密度をもった干渉縞が光検出器17に入射される。即ち、中間点Pでは最高速度で干渉縞の密度も最大となり、A, Bの折返し点では最低速度で干渉縞密度は最小となる。これを電気変換したパルスCのパルス幅変換信号から折り返点A, Bを検知して1振幅当りの時間、すなわち周波数が検知される。

【0019】また、パルスCに基づいて算出された周振動数で1秒間に発生した干渉縞の数（パルスCの数）を除算することにより湾曲管8, 9の振動振幅の大きさが算出される。この振幅信号は振幅制御信号として利用される。

【0020】一方、光ケーブル21, 22からハーフミラー14を透過したレーザー光は、湾曲管8, 9の光ケーブル支持台9, 10における空間伝播距離差による干渉縞となり、レンズ16を介して光検出器18に入射して干渉縞に比例した電気信号パルスとして検出される。このパルス信号は湾曲管8, 9に流通する流体に作用するコリオリの力に基づく位相差信号であるから、例えば、1周期当りのパルスの数として質量流量を求めることができる。

【0021】上述において光ケーブル19, 22と20, 21とは光ケーブル支持台9, 10に固着され各々の光ケーブルを対として出射光と入射光とが同一線上となるように配設したものであるが、光ケーブルの径は数10 $\mu$ mであるから同一光量となるように対向させることは困難である。

【0022】図4(a), (b)は、本発明におけるコリオリ流量計の光センサの構造を説明するための図で、図4(a)は反射光を用いた方式、図4(b)は透過光を用いた方式であり、図中、9c, 9dは支持板、30aは凸面鏡、30bは凹面鏡、30cは凹面レンズで、図3と同じ作用をする部分には図3と同一の参照番号を付している。

【0023】図4(a)においては、光ケーブル支持台9aには凸面鏡30aが、光ケーブル支持台9bには凹面鏡30bが各々45°の逆傾斜をもって対向するように設けられている。また光ケーブル支持台9aと9bとには各々支持板9cと9dとが一体に配設され各々光ケーブル21と19とを互いに平行に凸面鏡30aと凹面鏡30bとに支持し、光ケーブル21から出射したレーザー光が凸面鏡30aで反射して凹面鏡30bに伝播し、反射光が光ケーブル19に入射するようにしている。この光路によると凸面鏡30aの散乱角により散乱されたレーザー光は凹面鏡30bで集合され集光角を選ぶことにより組立精度範囲の集光が可能となる。

【0024】図4(b)においては、光ケーブル19と

21は対向して配設されているが、送光側の光ケーブル19の支持台9bの光路上に凹レンズ30cを設けることにより送光されたレーザー光は散乱され、散乱光は受光側の光ケーブル21に所定面積に拡大されて入射されるので、多少の取付位置精度が低下しても正しく受光できる。また、図4(a)、(b)において光ケーブル19、21は各々支持台9a、9bに固着することにより湾曲管7と8とに固定されたが、筐体1に固着しておく光ケーブルは振動されずに保持にも都合がよい。

【0025】図5は、本発明における質量流量計12の光検出の他の実施を説明するための図で、図中、24、25、26はハーフミラー、27は反射鏡ミラー、28、29は光ケーブル、30、31は反射体で、図2と同じ作用する部分には図2と同一の番号を付している。

【0026】図示の光検出方式は、送受光の光ケーブルを一本で行う方式のものである。レーザー光源11から発射されたレーザー光は、ハーフミラー24、25を透過して、透過したレーザー光は光ケーブル28と29とに分岐されて、各々光ケーブル支持台10a、9aの位置から空間伝播されて鏡、プリズム等の反射体30、31により反射され各々の光ケーブル28と29を伝送されハーフミラー25に達する。ハーフミラー25で反射された流出側の光ケーブル28を伝送されたレーザー光はシールド板15により遮断されるが、流入側の光ケーブル29からのレーザー反射光は、ミラー27とハーフミラー26とを通過してレーザー光源11からのレーザー光とで干渉縞を形成し、該干渉縞を光検知器17により電気信号に変換し、該電気信号から振動管7、8の振動数及び振幅を検知する。また、ハーフミラー25と24を透過した光ケーブル28、29からのレーザー光はレンズ16を介して質量流量に応じた干渉縞の明暗光を作り、該明暗光を光検出器18により電気信号に変換し、該電気信号から振動管7、8間の位相差に応じた質量流量を検知する。

【0027】以上の説明において、振動管7、8は曲率半径が同一方向で平行の場合について述べたが、他の組合せの配置があり、以下に述べる。図6(a)、(b)、(c)、図7(a)、(b)、(c)、(d)、図8

(a)、(b)、(c)、(d)は、本発明におけるコリオリ流量計の他の実施例を示す図で、図中、図(a)は側断面図、図(b)は(a)図の矢視B-B線図、

(c)、(d)は振動方向を示し、図2と同じ作用をする部分には図2と同一の参照番号を付している。図6

(a)では、振動管7と8はチューブ面が平行で振動管7、8の曲率中心は振動管7と8の中心が重なり、両端が離間するような対称な位置にある。従って、励振器4は紙面に垂直な直線上にあり、図6(c)のようにこの直線上で振動する。図7(a)では、振動管7、8は同一面上に互いに離間して配設され、曲率中心は振動管7と8との対称軸に対して中心が近傍するように同一側の

互いに対称な位置にあり、振動は図7(c)に示す同一面上、図7(d)に示す相対的に別平面上で逆方向である。図8(a)では、振動管7、8は同一面上に互いに離間して配設され、曲率中心は振動管7、8の両端が近接し中央が離間するような形で対称位置にあり、振動は図8(c)に示すように同一面上、図8(d)に示すような別平面上で逆方向の振動がある。

【0028】なお、振動管7、8のコリオリの力による位相差を、レーザー光を用いた干渉縞の数により求めたが、可干渉光に限らず、単に光量の変化として、又は、他の電磁的手段等を用いてもよい。

【0029】

【効果】以上の説明から明らかなように、

(1) 振動管の曲げカーブが自由に選択でき、しかも、曲率半径は大きいので曲げ精度を高くすることができ、特性の揃った流量計ができる。

(2) 振動管は、曲げてあるので熱変化、圧力変化に対しての変形は定められた方向に発生し、安定するのでこれらの影響は小さく、しかも補償し易い。

(3) 振動管の有効スパンが長くなるので直管の場合に比し感度は良くなる。

(4) レーザー光で検出するので、励振器による電磁的ノイズ影響を低減できる。

【図面の簡単な説明】

【図1】 本発明のコリオリ流量計における基本構造を説明するための図である。

【図2】 本発明のコリオリ流量計における他の実施例を説明するための図である。

【図3】 振動管の振幅と固有振動数を検出する原理説明図である。

【図4】 本発明におけるコリオリ流量計の光センサの構造を説明するための図である。

【図5】 本発明における質量流量計12の光検出の他の実施を説明するための図である。

【図6】 本発明におけるコリオリ流量計の他の実施例を示す図である。

【図7】 本発明におけるコリオリ流量計の他の実施例を示す図である。

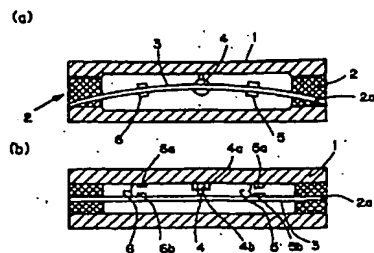
【図8】 本発明におけるコリオリ流量計の他の実施例を示す図である。

【図9】 従来の直管式のコリオリ流量計を説明するための図である。

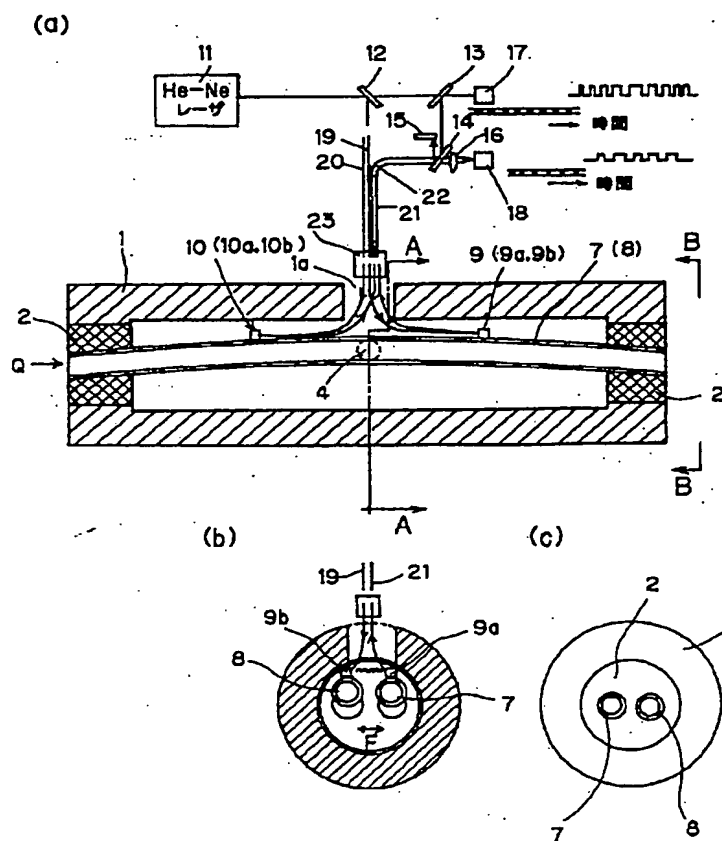
【符号の説明】

1…筐体、2…支持部材、3…振動管、4…励振器、5、6…検出器、9、10…光ケーブル支持台、11…レーザー光源、12、13、14…半透明鏡（以後、ハーフミラーと呼ぶ）、15…遮蔽板（以後、シールド板と呼ぶ）、16…レンズ、17、18…光検出器、19、20、21、22…光ケーブル、23…光コネクタ。

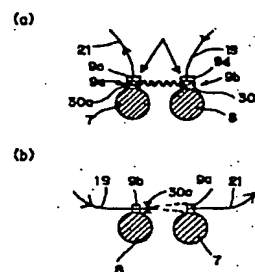
【図1】



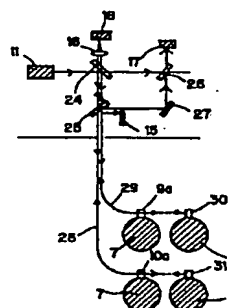
【図2】



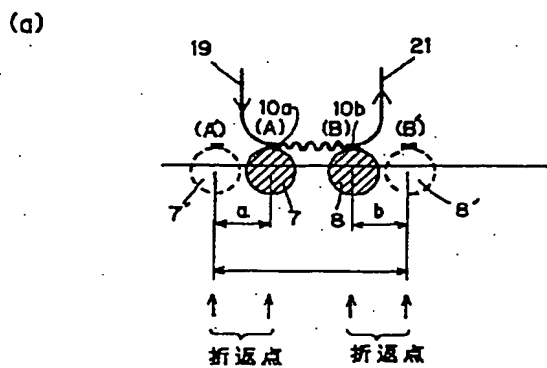
【図4】



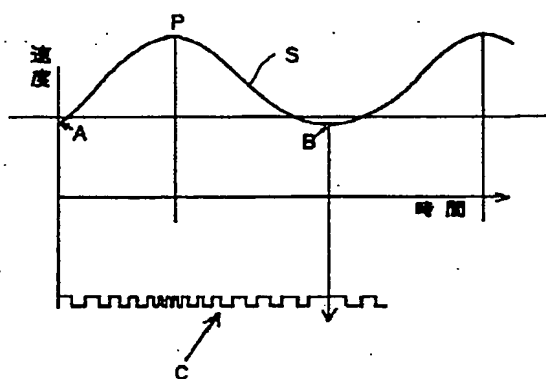
【図5】



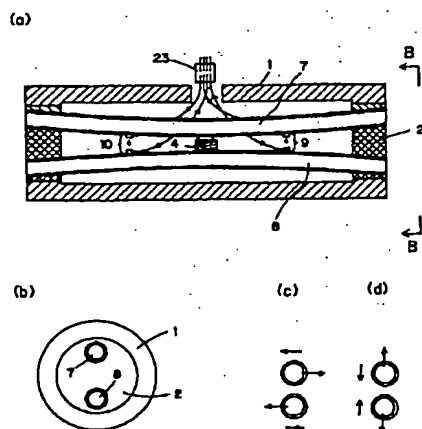
【図3】



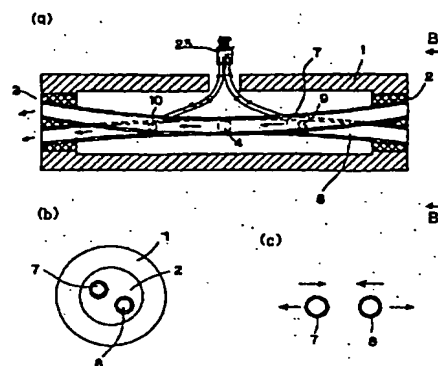
(b)



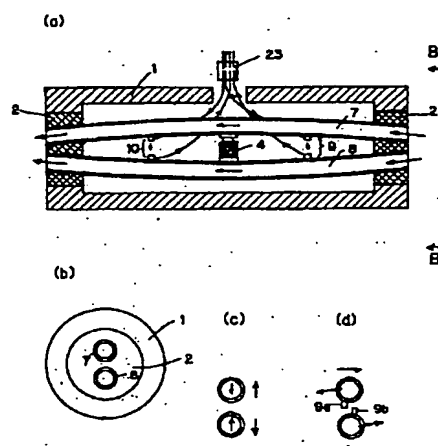
【図7】



【図6】



【図8】



【図9】

